

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-129798  
(43)Date of publication of application : 15.05.2001

---

(51)Int.Cl.

B81C 1/00  
H01L 21/306  
H01L 29/84

---

(21)Application number : 2000-255433  
(22)Date of filing : 25.08.2000

(71)Applicant : ROBERT BOSCH GMBH  
(72)Inventor : LAERMER FRANZ  
SCHILP ANDREA

---

(30)Priority

Priority number : 1999 19941042    Priority date : 28.08.1999    Priority country : DE

---

(54) METHOD OF MANUFACTURING SURFACE MICROMACHINING TYPE STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To at least sufficiently or completely remove residues of a sacrificial layer or avoid formation of the residues.

SOLUTION: The relative humidity within an etching medium (24) is controlled and changed in proportion to the progress of removal of a sacrificial layer (2) in the method of manufacturing, wherein a surface micromachining type structure (9) is developed by providing and patternizing the layer (2) at least mostly or partly composed of silicon dioxide on a substrate (25) which can be heated, heating and patternizing a second layer (3) on the layer (2), and removing the layer (2) using the etching medium (24) containing hydrofluoric acid gas in an etching process.

---

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

- [Claim 1] Are the process of the surface micro-machining mold structure, and most or the sacrifice layer (2) which consists of diacid-ized silicon partially is made to deposit at least on the substrate (25) which can be heated. And patternize, make deposit and patternize the 2nd layer (3) on this sacrifice layer (2), and a gas-like hydrofluoric-acid content etching medium (24) removes a sacrifice layer (2) in an etching process in a list. The process of the surface micro-machining mold structure characterized by carrying out the control change of the relative humidity in an etching medium (24) with advance of removal of a sacrifice layer (2) in the process which produces the surface micro-machining mold structure (9).
- [Claim 2] The process according to claim 1 to which the relative humidity of an etching medium (24) is changed in consideration of the temperature or the temperature, and the surface state of a substrate (25).
- [Claim 3] The process according to claim 1 or 2 which connects change of the relative humidity in an etching medium (24) to change of hydrofluoric-acid concentration, and change of the water content in an etching medium (24).
- [Claim 4] The process according to claim 1 or 3 changed continuously or gradually.
- [Claim 5] The process according to claim 1 or 3 which raises the relative humidity in an etching medium (24) gradually with advance of removal of a sacrifice layer (2).
- [Claim 6] The process according to claim 1 which essentially produces an etching medium (24) by evaporation of the hydrofluoric-acid-water mixture of azeotropy intermittently at least.
- [Claim 7] The process according to claim 1 or 3 which essentially adds inactive gas chemically about an etching process to an etching medium (24).
- [Claim 8] The process according to claim 7 to which the relative humidity and/or hydrofluoric-acid concentration in an etching medium (24) are intermittently changed at least by [ in an etching medium (24) ] changing the concentration of inactive gas continuously or gradually chemically.
- [Claim 9] The process according to claim 1 or 3 to which relative humidity is intermittently changed at least by changing the temperature of a substrate (25) continuously or gradually.
- [Claim 10] The process according to claim 1 or 3 to which relative humidity is intermittently changed at least by changing the temperature of hydrofluoric-acid-water mixture (23) continuously or gradually.
- [Claim 11] The process according to claim 1 or 3 to which relative humidity is intermittently changed at least by changing continuously or gradually the temperature gradient of a substrate (25) and hydrofluoric-acid-water mixture (23) by which preliminary adjustment was carried out.
- [Claim 12] The process according to claim 1 or 3 to which relative humidity is intermittently changed at least by carrying out control addition of the desiccation HF-gas at an etching medium (24).
- [Claim 13] The process according to claim 1 or 3 to which relative humidity is intermittently changed from an etching system (10) at least using the exsorption equipment which discharges the component of an etching medium (24) by controllable leakage.
- [Claim 14] The process according to claim 13 which adjusts the saturation ratio of the gas-like hydrofluoric-acid content etching medium (24) to a steam through leakage intermittently at least, and is raised continuously or gradually.
- [Claim 15] The process according to claim 1 or 3 which adjusts the relative humidity of an etching medium (24) intermittently at least by generating a steam in an etching system (10), or supplying a steam into an etching system (10).
- [Claim 16] The process according to claim 15 which raises the amount of supply or the yield of a steam gradually or continuously.
- [Claim 17] The process according to claim 15 which supplies the steam which made generate a steam intermittently at least by the acoustic emission to the inside of the evaporator currently installed in the interior of an etching system (10), and/or hydrofluoric-acid-water mixture (23), and/or an etching medium (24) was made to generate through a nozzle.
- [Claim 18] The process according to claim 15 which is the same as the temperature of hydrofluoric-acid-water mixture (23), or adjusts the temperature of a steam to temperature higher than it.
- [Claim 19] The process according to claim 1 which adjusts the relative humidity of an etching medium (24) intermittently at least through the condenser which it had into the etching system (10).
- [Claim 20] The process according to claim 19 to which the amount of the condensate produced with a condenser per time basis is reduced continuously or gradually intermittently at least.
- [Claim 21] The process according to claim 1 which fully interrupts an etching process at least after at least nearly perfect removal of a sacrifice layer (2) is attained.
- [Claim 22] lowering the relative humidity in an etching medium (24) gradually or continuously -- and the process according to claim 21 which interrupts an etching process by raising the temperature of/or a substrate (25) gradually or continuously.
- [Claim 23] The process according to claim 21 which grasps the achievement time of at least nearly perfect removal of a sacrifice layer (2) through a measuring device.

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the process of the surface micro-machining mold structure by etching a sacrifice layer using the hydrofluoric-acid content etching medium of the shape of a gas according to claim 1.

[0002]

[Description of the Prior Art] The activity silicon of producing the layer structure object ("Silicon on Insulator" (SOI)) which consists of a layer of polish recon or single crystal silicon many located by silicon surface micro-machining a substrate front face, the sacrifice layer which usually consists of SiO<sub>2</sub> on a silicon wafer, and on it is well-known. The structure in which cantilever bearing was carried out by alternative etching of surface patternizing and a sacrifice layer is further produced using this layer structure object.

[0003] In order to remove the diacid-ized silicon sacrifice layer under the surface micro-machining mold structure, in sensor manufacture, the steam etching method (Dampfäetzverfahren) in the inside of the azeotropy hydrofluoric acid of the shape of a gas proposed for example, in DE 19704454.9 is used. For this reason, a water azeotropy hydrofluoric-acid solution is heated for example, with a hot water jacket, and it is made the temperature of 50 degrees C. Furthermore, since the container containing the gaseous phase which is produced a hydrofluoric-acid solution and on it and which balances it and exists is sealed by the etching system which bears a wafer to process to coincidence, a wafer is exposed to an operation of a humid hydrofluoric-acid steam. Wafer temperature is correctly controlled through still more suitable lid heating, for example, it sets it constant at 70 degrees C. SiO<sub>2</sub> given as a sacrifice layer by the use HF steam is :SiO<sub>2</sub> melted under the structure by which is changed into volatile fluoride silicon and cantilever bearing is carried out by that cause. + 2H<sub>2</sub>O + 4HF → In order to advance the reaction of the SiF<sub>4</sub>+4H<sub>2</sub>O above, existence of water is required clearly. It turns out that it is generated in case more water than the water further used from a reaction formula is reactions.

[0004] Furthermore, in order to adjust the etching rate of diacid-ized silicon which wants to remove under the activity sensor structure, it is already well-known that the temperature gradient on a hydrofluoric-acid solution and the front face of a wafer is decisive especially. The temperature gradient which it is too low or is too high brings about clear reduction of the etching rate of for example, 30% / K temperature-gradient change.

[0005] In addition in DE 19850078.5, stabilize the temperature gradient of a hydrofluoric-acid solution and wafer temperature by progress of DE 19704454.9, and lid heating is made to be equipped with many heating zone regions on the other hand, and giving a temperature profile to a lid is proposed further. Therefore, it is possible to adjust a selectable temperature profile through the wafer which should be processed a lid and on it freely enough, therefore the details of a wafer can be compensated about an etching rate different especially locally. Since process repeatability suffers [ DE / 19850078.5 ] damage on account of the enrichment of the fluorosilicic acid in a condensate especially from condensation, it is already well-known to avoid the condensate drop in an etching system with suitable addition heating.

[0006] Finally, in DE 19910983.4, supervising and measuring progress of etching, i.e., advance of undershirt etching (Unterätzung) in the diacid-ized silicon sacrifice layer under the activity structure under LC resonator by which cantilever bearing is carried out further, through change of the resonance frequency of LC resonator additionally installed on the wafer was proposed. It is an easy approach by this and it is possible to determine achievement of advance of an etching process and a desired etching advance, i.e., the "terminal point" of an etching process.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] the sacrifice layer residue by which the approach of this invention of having the description of claim 1 remained in the sacrifice layer to the conventional technique on the occasion of lateral (lateral) undershirt etching — at least — rather — enough — or it has the advantage of being completely removable. This is impossible by the well-known approach.

[0008]

[Means for Solving the Problem] Since such the sacrifice layer residue that consists of diacid-ized silicon may give almost to the height of an etching gap, i.e., the thickness of a sacrifice layer, in some places, this has bad effect on the mechanical property of the activity structure by which cantilever bearing is carried out, and bars the movement (to field [ For example, on a substrate, / Or ] from the bottom), controls it, or interferes. [ at least ] Therefore, the approach of this invention shows possibility of improving considerably the quality, life, and waste ratio in the case of production of the activity structure manufactured.

[0009] Furthermore, the sacrifice layer residue which was not enough able to be avoided [ \*\*\*\* / un- ] such conventionally has the effect of minus in the rocking property of the structure by which cantilever bearing was carried out. In this case, this is the quality risk of the sensor produced in this way also in this viewpoint, or the activity structure.

[0010] the approach of this invention can be advantageously realized in cost very easily, without affecting the etching process or manufacturing method which exists in coincidence by \*\*\*\*\* in \*\*.

[0011] The further advantageous progress and the further advantageous embodiment of this invention become clear from processing of a publication to a subordination claim.

[0012] For example, advantageously, the handling tolerance of an etching process is obtained, namely, in order to avoid exaggerated etching for the done processing wafer, it is not necessary to take out an operator or an automatic handling mechanism from an etching system correctly per second by having prepared a controlled etching halt which is produced as much as possible suddenly to etching process killing. The etched wafer can be advantageously left in a short time and an etching system at least if needed after an etching stop, without exposing to exaggerated etching [ \*\*\*\* / un- ] rather.

[0013] in addition, apprehensive about the controlled etching stop which is produced as rapidly as possible by semiconductor technology -- "--- silverfish --- it is advantageous also about control of operation (Staining-Effekten)."

[0014] This invention is explained in full detail by the drawing and the following publications. from [ drawing 2 / a denaturation embodiment / drawing 1 is accompanied by the sectional view of an etching system, and / a part of ] drawing 1 — and 5 shows the removal of the sacrifice layer by the etching process accompanying time amount progress from drawing 3.

[0015]

[Example] Drawing 1 shows the etching system 10 equipped with the container 11 with which the hydrofluoric-acid-water mixture 23 of azeotropy is contained, and the silicon wafer as a substrate 25 is installed in it and which consists of Teflon (trademark), for example. The container 11 is completely surrounded with the heating jacket 15, the water of selectable temperature circulates through it with the humidistat which is not shown in this jacket, for example, and pump installation is carried out. Thereby, the temperature of a container 11 and the azeotropy hydrofluoric-acid-water mixture 23 is adjusted by the accommodation possible value uniformly [ of a request ]. Of course, heating of other classes, for example, an electric heating tape, a hot blast blower, a hot water jacket, etc. are considered by this location instead of a heating jacket 15. It is always only important that the wall of a container 11 and hydrofluoric-acid-water mixture 23 are made into the same possible temperature as homogeneity, condensation of the liquid in the place of a wall is avoided, and a uniform gaseous phase arises as a gas-like hydrofluoric-acid content etching medium 24 especially.

[0016] Further, a container 11 has an inlet port 12 and an outlet 13, and can supply the water of selectable temperature in the direction of the arrow head shown by it by F. The container 11 and the heating jacket 15 are installed into the insulating jacket 14, and can hold the temperature in a container 11 uniformly. A container 11 is further closed with a lid 20, and has the packing 22 which is tolerant to a hydrofluoric-acid steam and which is manufactured, for example from Teflon, Viton (Viton), or other packing materials. the silicon substrate 25 which the heating apparatus of the form of a heating element 21 is installed in this lid 20, and is installed inside the lid 20 — heating — 330-373K — it can be advantageously made the temperature of a request of 343K. [ and ] heating apparatus — or it is used combining the electric heating sheet which may be hot water circulation or is not shown, and a heating element and an electric thermoregulator.

[0017] Other advantageous embodiments of the lid 20 of the etching system 10 for carrying out an etching process are shown in drawing 2. In this case, reverse is not pasted inside the lid like drawing 1, the substrate 25 is placed on the substrate plate 27 with which the lower part was heated, and this substrate plate is combined with the inside of a lid. The substrate plate 27 has a heating element 21 further. Heating of a lid 20 is usually useful to avoiding condensation of HF steam.

[0018] Further, it is mutually combined through at least two hollow Teflon bridges 26, and the electrical installation of a heating element 21 passes along the interior side of the substrate plate 27 and a lid in this hollow Teflon bridge at the current electric-wire list. fixed accommodation of the temperature of the substrate plate 27 — usually — the very thing — it is a well-known approach, for example, carries out to the temperature of 343K like the temperature control of the lid 20 whole of a publication at drawing 1 using 330-373K, and the temperature control that is not shown advantageously.

[0019] Azeotropic mixture, i.e., the mixture which has about 38% of HF concentration, is advantageously chosen as hydrofluoric-acid-water mixture 23. In the case of azeotropic mixture, water and HF are evaporated in a fixed residual ratio from the hydrofluoric-acid-water mixture 23, and the concentration is uniformly held over long duration. Consequently, even if the amount of mixture decreases, the hydrofluoric-acid concentration in the hydrofluoric-acid water mixture 23 is still fixed, and a fixed steam condition always exists to many substrates 25 which should be processed.

[0020] the further the very thing of the etching process carried out using an etching system 10 and it — refer to DE 19704454.9 about a well-known detail.

[0021] 5 shows progress of the steam etching process in the activity surface micro-machining structure 9 by which cantilever bearing is carried out on a substrate 25 simple from drawing 3. DE 19537814.8 has still more detailed explanation for this.

[0022] A substrate 25 first supports the SiO two-layer which has 1 micrometer - 4 micrometers in thickness, or the layer which mainly consists of SiO<sub>2</sub> as the so-called sacrifice layer 2. As SiO two-layer, for example, a thermal oxidation object, TEOS (tetraethyl orthosilicic acid salt), or LTO ("low-temperature-oxidation object") can be used. the trench hole 4 which a thick polish recon layer and the so-called EPIPORI silicon suspend on the sacrifice layer 2 subsequently to the sacrifice layer 2 top is etched there — the 2nd layer exists as 3. In the sacrifice layer 2, initiation isotropy sacrifice layer etching which brings about formation of a crevice 5 in the range of the trench hole 4 further is shown, and it departs from this crevice 5 first in, and progresses to stability.

[0023] The residual range 7 which remains between the etching fronts 6 becomes thin gradually as it is shown how the isotropic etching front 6 is formed in the sacrifice layer 3, and drawing 4 moves in the case of the further progress of an etching process and etching progresses in that case. It becomes long like the path for transportation of the etching matter from the location of the location of an etching reaction, or the etching reaction from the gas-like etching medium 24 at the same time the breadth to the longitudinal direction of undershirt etching grows.

[0024] Subsequently, the etching front 6 collides and drawing 5 shows the time of cantilever bearing of the structure 9 usable as activity sensor structure which moves freely being carried out in connection with it. or [ that this cannot perform preventing or removing at all by the well-known etching approach by showing the sacrifice layer residual 8 which looks like / drawing 5 / further occasionally, carries out, and is produced ] — or it is very difficult.

[0025] The main purposes of this invention follow and are perfect removal of this sacrifice layer residual 8 by the denaturation of the well-known etching approach sufficient at least or, or evasion of formation.

[0026] The 1st example of the approach of this invention followed, and at least, in order to avoid such sacrifice layer residual 8 that consists of diacid-ized silicon, it has mostly specified doubling the relative humidity in the etching medium 24 with etching progress continuously or gradually with progress of an etching reaction. While doubling the relative humidity of an etching medium with extent of undershirt etching already attained by progress of an etching process, HF content of the gas-like etching medium 24 is also changed to coincidence in that case.

[0027] With relative humidity, in this case, it is the thing of the humidity of the etching medium 24 of the shape of a gas relative to the humidity in the etching medium 24 always concerning each temperature on the front face of a wafer at the semantics of this invention, i.e., each temperature of the processing substrate 25, and the surface state of a substrate 25 may also have slight effect in that case. In this semantics, when the humidity in the etching medium 24 increases further at the predetermined temperature of a substrate 25 and the etching medium 24 of the shape of a gas on a substrate 25 condenses, the relative humidity about 100% of substrate 25 front face is attained.

[0028] therefore, the max in which contains, without the concept with "relative humidity" being the wafer temperature T, and accompanying it by the condensation on a substrate front face into this gas volume V with the amount of water fully contained in the etching medium 24 at the wafer temperature T in gas volume V, and it deals — it can be understood that it is the same as that of whenever [ which is a well-known concept as a ratio with amount of water / "whenever / phase

antiaircraft air humidity /" ].

[0029] In the example of a publication, according to this concept of relative humidity, the water content of the etching medium 24 is raised to a detail continuously or gradually as etching progresses. This is fixed lid temperature about the temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23, or can be attained by changing the temperature of a lid 20 or a substrate 25 at the fixed temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23. Advantageously, this change is fixed lid temperature or wafer temperature, raises the temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23 continuously or gradually, or it is performed so that lid temperature or wafer temperature may be reduced continuously or gradually with the constant temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23.

[0030] It is advantageous to make [ which changes lid temperature or wafer temperature on account of the big thermal inertia of the hydrofluoric-acid-water mixture 23 and the very low thermal inertia of a lid heating-lid-wafer system ] it \*\*\*\*\* especially. It, that is, this are because it can carry out immediately mostly and a control technical target does not have a problem, either.

[0031] Formation of the sacrifice layer residual 8 under the structure 9 by which undershirt etching should be carried out is avoided. Aim at always guaranteeing a free motion thereby, for example. The result of adaptation with the relative humidity in the etching medium 24, the advancing etching reaction, or lateral undershirt etching In that case,  $\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  which needs the water of an amount well-known in order to advance the etching reaction of  $\text{SiO}_2$  during :sacrifice layer etching based on the following operation mechanism  $\rightarrow \text{Si}_4$  (or  $\text{SiO}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) (OH)

$\text{Si}(\text{OH})_4 + 4\text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + 4\text{H}_2\text{OSiF}_4 + 2\text{HF} \rightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6$  — the 4 fluoride silicon ( $\text{SiF}_4$ ) produced in that case is a gas-like, or is combined in a water solution. The fluorosilicic acid ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ) to produce also usually exists in a water solution. After initiation of the etching reaction for lateral undershirt etching, first, much water separates rather than required in order to make an etching reaction start, and rather than required because of maintenance of the further etching reaction.

[0032] The etching reaction on a substrate 25 should be produced from this reason at temperature higher than the gas-like etching medium 24. It is for the use improper nature to arise in connection with it that is, irreversible adhesion with the structure 9 and the substrate 25 in which it is the range of the  $\text{SiO}_2$  front-face top 2, i.e., a sacrifice layer, accumulation of reaction water arose, and etching removal was finally carried out by drop formation in some places when that was not right, and it. The etching media 24 are usually the hydrofluoric-acid-water mixture 23 and thermal equilibrium. Furthermore, additionally, if this accumulation is not resisted with wafer temperature, superfluous reaction water will act by back-coupling so that an etching rate may be raised further.

[0033] Therefore, by raising the temperature of a substrate 25 or a lid 20 rather than the etching medium 24, at least, the reaction water to produce evaporates partially, or resists condensation of the additional water from the etching medium 24, and equilibrium with the immovable water screen produces it on the  $\text{SiO}_2$ -front face in the sacrifice layer 2. Thereby, an etching process is immobilization mostly after the initiation phase which the conditions of this dynamic balance produce in the meantime.

[0034] This phase of the etching process which still is not a problem \*\*\*\*\* in drawing of drawing 3 in the beginning.

[0035] As shown in drawing 4 , while lateral undershirt etching advances, lack of the amount of the reactant etching matter and the steam especially supplied from the etching medium 24 arises in the place of the etching front 6. that time — first — the very thing — it should take into consideration adjusting a steam etching process so that it may become immobilization by the well-known approach in the place of the etching front 6 under invasion of the water molecule from all related factors, i.e., the formation rate of reaction water, and the gas-like etching medium 24, and consideration of evaporation of the water of the front face in a dynamic balance. Although the rate of this dynamic balance changes increasingly when the amount of water from the etching medium 24 to the etching front 6 on account of transportation through the undershirt etching width of face which grows decreases gradually, this is based on invasion of the steam from the etching medium 24.

[0036] The fall of the amount of water in the place of the etching front 6 is realized also by making a steam condense in the place of the surrounded front face, and already evaporating it again like the path to the original etching front 6 which becomes long gradually, following it. Therefore, surely, although reaction water is always produced by the etching reaction in the place of the etching front 6, the sum total of the water encroachment in the etching reaction in the place of the etching front 6 is generally reduced by the shift of a dynamic balance.

[0037] Therefore, an etching process serves as a "water shortage" gradually, and an etching rate falls with growth of undershirt etching width of face. Furthermore, since the amount of student \*\*\*\* reaction water also falls per time basis, in addition, self-strengthening of reduction of an etch rate arises, and the aforementioned balance becomes [ whether it is accompanied by the new quite low etching rate, and ], and is adjusted with the etching rate in the sacrifice layer 2 to reduce, i.e., the dissolution rate to which  $\text{SiO}_2$  falls, to the low level.

[0038] In undershirt etching of the structure actually acquired through a high aspect ratio, for example, comb structure, and a punching ingredient, this fall of an undershirt etch rate brings about the difference in the etch rate of 1:3-1:4 typically freely as compared with available structure. Although surely it did not ask for this difference very much, in many cases, in addition, it can admit.

[0039] The situation becomes in criticality when the sacrifice stratification plane which the sacrifice layer residual 8 which consists of silicon oxide in addition should remain and etch after penetration of the etching front 6 near [ as shown in drawing 5 ] the etching process killing is decreasing considerably. In this phase, the etching reaction for the sacrifice layer residual 8 almost stops at least, because water is insufficient.

[0040] If the amount of water produced in the place of the etching front 6 falls in further :etching process-killing phase which effectiveness [ \*\*\*\* / un- ] produces very much where it is also unconquerable to coincidence by carrying out undershirt etching additionally over a long time in an etching process phase given in drawing 5 , the concentration of end product  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  (fluorosilicic acid) dissolved in reaction water produced from lytic reaction will also rise unescapable.

[0041] This "water shortage" brings about formation of the insoluble silicon oxide which finally cannot be etched any longer even if it uses desiccation of this hydrofluoric-acid solution and formation of the so-called "the silverfish (Stain)", i.e., an external offensive chemical, and by the way, the silicon oxide front face which exists in addition and in which the very thing etching is possible combines this insoluble silicon oxide, and it passivation-izes this.

[0042] In relation to this, an etching additive suitable [ for controlling the process technical means usually used by the wet etching method, for example, this "silverfish" operation about which it worries, ] at semiconductor technology cannot be used in the aforementioned etching process of using the gas-like etching medium 24.

[0043] In case formation of "silverfish" condenses the fluorosilicic acid which the degree mainly dissolved in this case, produce it. : based on reverse reaction with a residual water molecule  $\rightarrow \text{In } \text{SiO}_2 \text{ n} + 6\text{nHF}$ , therefore the aforementioned example After penetration of the etching front 6, avoiding the moisture of the etching process accompanying expansion of undershirt etching width of face or lack of water, as long as the range of the sacrifice layer residual 8 which can still be etched on a substrate 25 to the extent that it is sufficient for saying exists is specified at least.

[0044] In order to raise the relative humidity in the etching medium 24, i.e., a steam etching ambient atmosphere, much possibility that it can be used alternatively or can also combine mutually satisfactory, or a parameter is prepared.

[0045] For example, while an etching process progresses, the fall of water supply in the etching front 6 by the rise for relative \*\*\*\* of the etching medium 24 to a substrate 25 can be resisted by reducing wafer temperature in connection with lid temperature and it. On the other hand, guaranteeing removal of the sacrifice layer residual 8 of the last which is located under the structure 9 by which cantilever bearing is carried out and which can be etched is prescribed by by, for example, reducing lid temperature and wafer temperature finally about by 20K, after the etching front 6 penetrates.

[0046] The 2nd embodiment of this invention continues the 1st example, it continues in an etching process additionally, i.e., control an etching process, it is made to stop after removal of the sacrifice layer residual 8, and it avoids undershirt etching [ \*\*\*\* / the field etched anyway quickly especially easily that it can invade / therefore / un- ].

[0047] This etching stop performed as quickly as advantageous possible or quickly is attained by making it fall rapidly, after removing [ of the last sacrifice layer residual 8 ] the humidity in the gas-like etching medium 24. for this reason, advantageously low thermal inertia -- therefore, wafer temperature -- the temperature of a lid 20 -- minding -- namely, suitable the very thing of a heating element 21 -- well-known control -- for example, it raises 10-20K and an etching reaction is actually stopped rapidly.

[0048] So that lateral undershirt etching already attained as progress of etching, i.e., a function of time amount, can be controlled and measured and -- further -- just before the penetration just before [ 7 ] etching process killing (i.e., the residual range) -- the relative humidity of an etching medium -- adjustment -- to a \*\* higher \*\* sake especially And in order to recognize the time of achievement of adjusted fixed lateral undershirt etching of/or the sacrifice layer residual 8 under the structure 9 by which etching removal should be carried out, i.e., perfect removal This example has prescribed using the equipment of a publication to there [ the approach and there ] where it is proposed in DE 19910983.4 further.

[0049] If it summarizes, for that, LC resonator will be given by the position on the substrate 25 by which undershirt etching is carried out together with the activity structure 9 for continuous measurement technical grasp of the lateral undershirt etching method by DE 19910983.4, and that resonance frequency will change as a function of undershirt etching in that case. By measuring the resonance frequency of this LC resonator or resonance frequency change proportional to lateral undershirt etching, the cognition about the time of penetration of the residual range 7 for performing the progress and an etching halt of an etching reaction on a wafer front face is obtained continuously or intermittently alternatively.

[0050] It is possible to answer a demand of the etching process on a substrate 25 correctly simply by already attained measurable undershirt etching through LC resonator always, and to offer the relative humidity in the etching medium 24 of a complement at each time. for this reason, the very thing from the etching progress measured, for example -- the standard size given to a well-known adjustment is obtained. This adjustment will interrupt an etching process by the aforementioned approach automatically, if the relative humidity in the etching medium 24 is automatically adjusted to the value optimal at each time of lateral undershirt etching beforehand determined experientially by preliminary experiment and predetermined undershirt etching width of face is attained.

[0051] A series of further parameters for the adjustment which lid temperature is especially changed in order to adjust the relative humidity in the etching medium 24 during progress of advancing undershirt etching, or is explained in full detail to the degree other than the aforementioned possibility for changing the temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23 exist. In that case, it should mention specially that many parameters which can also combine the aforementioned possibility for adjusting the relative humidity in the etching medium 24 mutually, and can use in each case in a concrete etching process, respectively, and can be fluctuated also alternatively or together are prepared.

[0052] For example, it is clearly possible to change both temperature together between etching processes so that the temperature gradient between the lid temperature or wafer temperature of the request which changes instead of independent change of the temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23 or the temperature of a lid 20 as a function of undershirt etching, and the temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23 may arise. It is made to fall to etching advance continuously or gradually with this temperature gradient advantageous for this reason.

[0053] The further example has specified adding with oxygen, nitrogen, an argon, or progress of the etching process in the gas stream changed in the gas of an and also [ it attaches and is inactive about the steam etching process of r \*\*\*\* ] to the etching medium 24. For this reason, this inert gas is supplied through a gas supply line suitable in an etching system 10 with the gas stream which changes continuously or gradually, and it is made to discharge from an etching system again through a gas exhaust pipe after sufficient mixing with the etching medium 24. In this way, generally, dilution of the etching medium 24 arises and the fall of vapor pressure and the fall of the relative humidity of the etching medium 24 accompanying it are brought about.

[0054] Between etching processes, first, inert gas, for example, oxygen, is supplied to a detail together with a predetermined start gas stream, and a start gas stream is reduced in it like a convention continuously or gradually with progress of lateral undershirt etching. The saturation ratio of the gas-like etching medium 24 and its relative humidity accompanying it rise gradually by this processing.

[0055] subsequently, it is alike, an etching system 10 is additionally supplied through a gas supply line together with the gas stream by which desiccation HF gas was controlled instead of inert gas, and HF content of the etching medium 24 is changed further -- \*\* higher \*\*\*\* is made especially. In addition, for example, the amount of the desiccation HF gas supplied additionally is raised continuously or gradually during advance of lateral undershirt etching, and the etching medium 24 is gradually made offensive, and the increment in an oxidizing melting reaction raises formation of reaction water in connection with it.

[0056] Another example has specified preparing the exsorption which is controlled about a gas stream and which can be adjusted, for example, the exsorption through the bulb on which the wall surface of a container 11 \*\*\*\*s. This exsorption can guarantee connection between the etching medium 24 in the interior of an etching system 10, and outside atmospheric air, and can make the etching medium 24 escape in an external ambient atmosphere through the exsorption accompanied by the leakage which can be adjusted at the draught chamber for for example, toxic gas. thereby, since the gas-like etching medium 24 is not saturated with the hydrofluoric-acid-water mixture 23, the saturation ratio of the gas-like etching medium 24 is changed by change of leakage during progress of an etching process in that case -- especially -- \*\* -- it can raise continuously or gradually.

[0057] everything but the aforementioned parameter for adjusting the relative humidity in the etching medium 24 -- or a steam can be alternatively supplied into an etching system 10 additionally through a gas supply line with it, and, thereby, a part for \*\*\*\* of the etching medium 24 can also be affected. The water vapor content supplied to the etching medium 24 is raised continuously or gradually between progress of an etching process advantageous for this reason.

[0058] Instead of supplying a steam through a gas supply line, an evaporator controllable from the outside can also be prepared so that it may be installed in the range of the hydrofluoric-acid-water mixture 23 and a liquid may be further

evaporated from the hydrofluoric-acid-water mixture 23 additionally by the regular approach. For this reason, an evaporator is installed as a small Teflon container equipped with the electric resistance heater which has combined the hydrofluoric-acid-water mixture 23. Between progress of an etching process, make an evaporator work at the time of a request, and the amount of evaporation liquids per time basis is made to increase gradually or continuously by heightening power, and gas-like the saturation ratio or relative humidity of the etching medium 24 is raised.

[0059] Instead of an evaporator, in addition to this, the atomiser of the form of a spraying nozzle can also be installed, in connection with the advancing etching process, water is sprayed into the etching medium 24 as a very fine spraying drop, and the relative humidity in the etching medium 24 is additionally raised using it. To others, advantageously, preheating of the water used is carried out so that more highly [ the temperature may be the same as the temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23 at least or ] than it. It guarantees the water sprayed shifting to a gaseous phase completely by this, or adjusting the relative humidity in the etching medium 24 as a steam.

[0060] Finally, an ultrasonic generator can also be formed in the interior of an etching system 10, and this makes detailed drop spraying shift to a gaseous phase by acoustic emission in the place of the inside of the hydrofluoric-acid-water mixture 23, and its front face, and it adds additional moisture in the gas-like etching medium 24 as a function of undershirt etching further, controlling.

[0061] the very thing to which the further example of this invention can finally adjust the temperature through the control from the outside of an etching system 10 inside an etching system 10 — it has specified that the well-known condenser is installed. Condensation from the gas-like etching medium 24 is carried out to a detail therefore in the place of the front face, and the temperature of a condenser is first adjusted so that the produced condensate drops may be collected so that there may be no damage in a process, and they may be returned and introduced into the hydrofluoric-acid-water mixture 23.

[0062] The temperature of a condenser is the same as the temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23, or when exceeding it, condensation to the extent that it states is not produced, and moisture is not taken out from the etching medium 24. The etching medium 24 follows and has been saturated to the front face of the hydrofluoric-acid-water mixture 23. On the other hand, if the temperature of a condenser falls under to the temperature of the hydrofluoric-acid-water mixture 23, a condenser will remove moisture from the etching medium 24.

[0063] In order to change the relative humidity in the etching medium 24, the temperature of a condenser is brought close to the temperature whose moisture removed from the etching medium 24 decreases gradually gradually or continuously from less than 23 hydrofluoric-acid-water mixture temperature next between etching processes. The amount of the condensate produced in per time basis between progress of an etching process, i.e., lateral undershirt etching, falls generally, and the saturation ratio of the gas-like etching medium 24 follows and increases.

[0064] As mentioned above, it is easily possible to use it alternatively, combining the alternative performed since the relative humidity of the etching medium 24 is affected.

[0065] after desired lateral undershirt etching was attained — an etching process — less than a short time — or in order to make it stop rapidly, especially the thing that can be used conversely is important for all of the combination of these approaches or these approaches. For this reason, it is only required to reduce the relative humidity in the etching medium 24 remarkably, respectively, and for an etching process to stop as mentioned above by that cause.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the sectional view of an etching system.

[Drawing 2] Drawing in which it is shown from [ a part of ] drawing 1 accompanied by the denaturation embodiment of a lid.

[Drawing 3] Drawing showing the initial stage of removal of the sacrifice layer by the etching process.

[Drawing 4] Drawing showing the removal phase of the sacrifice layer following drawing shown in drawing 3 .

[Drawing 5] Drawing showing the removal phase of the sacrifice layer following drawing shown in drawing 4 .

## [Description of Notations]

2 Sacrifice Layer 3 2nd Layer 9 Structure 10 Etching System 23 Hydrofluoric-Acid-Water Mixture 24 Etching Medium 25 Substrate

---

[Translation done.]



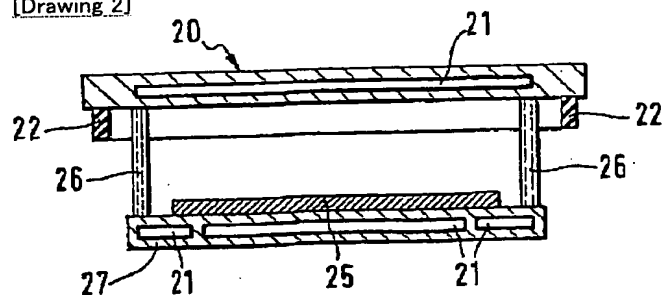
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

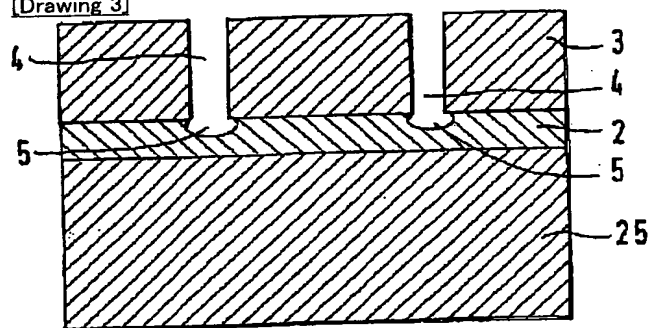
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

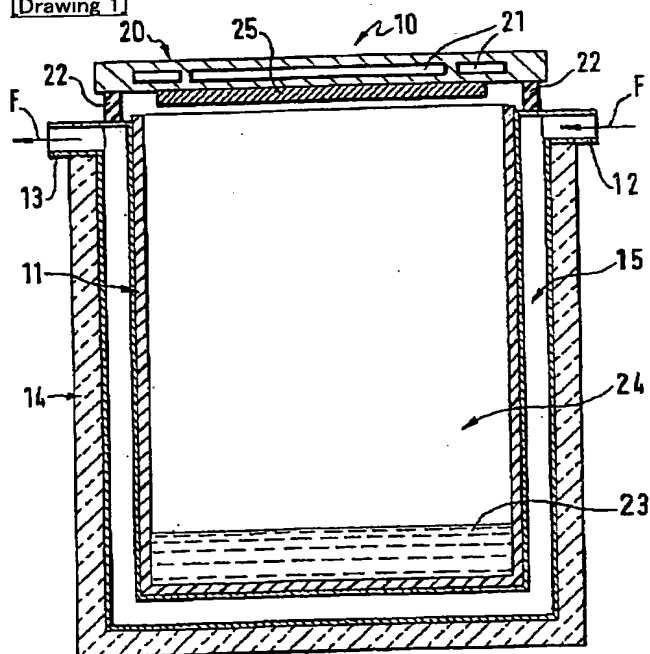
[Drawing 2]



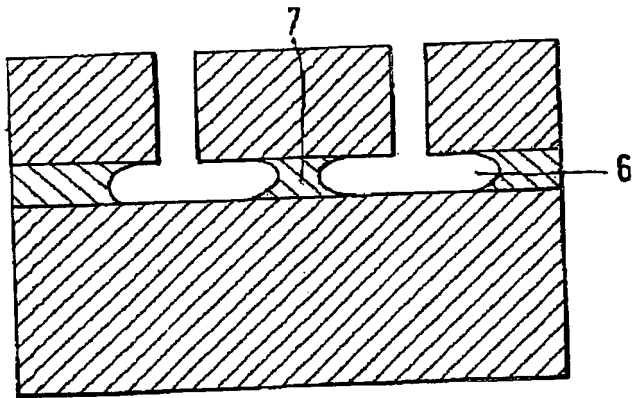
[Drawing 3]



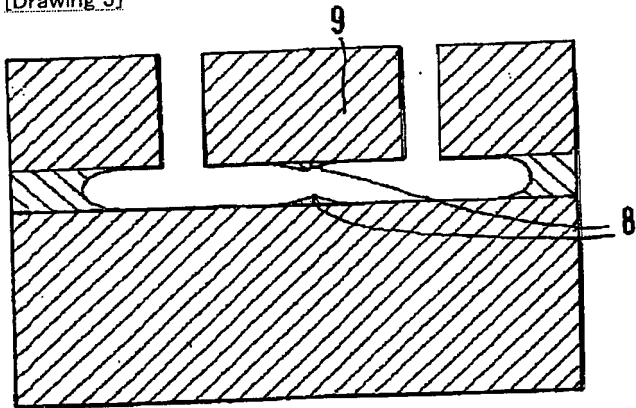
[Drawing 1]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-129798

(P2001-129798A)

(43) 公開日 平成13年5月15日 (2001.5.15)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テームコード* (参考) |
|---------------------------|------|---------------|--------------|
| B 8 1 C 1/00              |      | B 8 1 C 1/00  |              |
| H 0 1 L 21/306            |      | H 0 1 L 29/84 | Z            |
| 29/84                     |      | 21/302        | P            |

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-255433(P2000-255433)

(22) 出願日 平成12年8月25日 (2000.8.25)

(31) 優先権主張番号 19941042.9

(32) 優先日 平成11年8月28日 (1999.8.28)

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 390023711  
ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト  
ミット ベシュレンクテル ハフツング  
ROBERT BOSCH GESELL  
SCHAFT MIT BESCHRAN  
KTER HAFTUNG  
ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト  
(番地なし)

(72) 発明者 フランツ レルマー  
ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト ヴ  
ィティコヴェーク 9

(74) 代理人 100061815  
弁理士 矢野 敏雄 (外4名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面マイクロマシニング型構造体の製法

(57) 【要約】

【課題】 表面マイクロマシニング型構造体の製法

【解決手段】 加熱可能な基板 (25) 上に、少なくとも大部分又は部分的に二酸化シリコンからなる犠牲層 (2) を設置し、かつパターン化し、該犠牲層 (2) 上に第2の層 (3) を堆積させ、かつパターン化し、並びに犠牲層 (2) をエッチングプロセスで気体状のフッ化水素酸含有エッチング媒体 (24) により除去して、表面マイクロマシニング型構造体 (9) を生じさせる製法において、犠牲層 (2) の除去の進行に伴い、エッチング媒体 (24) 中の相対湿度を制御変化させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面マイクロマシニング型構造体の製法であって、加熱可能な基板（25）上に少なくとも大部分又は部分的に二酸化シリコンからなる犠牲層（2）を堆積させ、かつパターン化し、該犠牲層（2）上に第2の層（3）を堆積させ、かつパターン化し、並びに犠牲層（2）をエッチングプロセスで気体状のフッ化水素酸含有エッチング媒体（24）により除去して、表面マイクロマシニング型構造体（9）を生じさせる製法において、犠牲層（2）の除去の進行に伴い、エッチング媒体（24）中の相対湿度を制御変化させることを特徴とする、表面マイクロマシニング型構造体の製法。

【請求項2】 基板（25）の温度又は温度及び表面状態を考慮して、エッチング媒体（24）の相対湿度を変化させる、請求項1に記載の製法。

【請求項3】 エッチング媒体（24）中の相対湿度の変化をフッ化水素酸濃度の変化及びエッチング媒体（24）中の水含有率の変化と結びつける、請求項1又は2に記載の製法。

【請求項4】 継続的又は段階的に変化させる、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項5】 犠牲層（2）の除去の進行に伴い、エッチング媒体（24）中の相対湿度を徐々に高める、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項6】 エッチング媒体（24）を少なくとも間欠的に、本質的に共沸のフッ化水素酸-水混合物の気化により生じさせる、請求項1に記載の製法。

【請求項7】 エッチング媒体（24）に、本質的にエッチングプロセスに関して化学的に不活性なガスを添加する、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項8】 エッチング媒体（24）中の化学的に不活性なガスの濃度を継続的又は段階的に変えることにより少なくとも間欠的に、エッチング媒体（24）中の相対湿度及び／又はフッ化水素酸濃度を変化させる、請求項7に記載の製法。

【請求項9】 基板（25）の温度を継続的又は段階的に変えることにより少なくとも間欠的に、相対湿度を変化させる、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項10】 フッ化水素酸-水混合物（23）の温度を継続的又は段階的に変化させることにより少なくとも間欠的に、相対湿度を変化させる、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項11】 基板（25）とフッ化水素酸-水混合物（23）との予備調整された温度差を継続的又は段階的に変化させることにより少なくとも間欠的に、相対湿度を変化させる、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項12】 乾燥HF-ガスをエッチング媒体（24）に制御添加することにより少なくとも間欠的に、相対湿度を変化させる、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項13】 制御可能な漏出率でエッチング装置

（10）からエッチング媒体（24）の成分を排出する漏出装置を用いて少なくとも間欠的に、相対湿度を変化させる、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項14】 少なくとも間欠的に漏出率を介して、水蒸気に対する気体状のフッ化水素酸含有エッチング媒体（24）の飽和度を調節し、かつ連続的又は段階的に高める、請求項13に記載の製法。

【請求項15】 エッチング装置（10）中で水蒸気を発生させるか、又はエッチング装置（10）中に水蒸気を供給することにより少なくとも間欠的に、エッチング媒体（24）の相対湿度を調節する、請求項1又は3に記載の製法。

【請求項16】 水蒸気の供給量又は発生量を段階的又は連続的に高める、請求項15に記載の製法。

【請求項17】 エッチング装置（10）の内部に設置されている蒸発器及び／又はフッ化水素酸-水混合物（23）中への超音波放射により少なくとも間欠的に、水蒸気を発生させ、かつ／又はエッチング媒体（24）にノズルを介して発生させた水蒸気を供給する、請求項15に記載の製法。

【請求項18】 水蒸気の温度を、フッ化水素酸-水混合物（23）の温度と同じか、又はそれより高い温度に調整する、請求項15に記載の製法。

【請求項19】 エッチング装置（10）中に備えられた凝縮器を介して少なくとも間欠的に、エッチング媒体（24）の相対湿度を調整する、請求項1に記載の製法。

【請求項20】 少なくとも間欠的に、時間単位当たり凝縮器により生じる凝縮物の量を継続的又は段階的に低下させる、請求項19に記載の製法。

【請求項21】 犠牲層（2）の少なくともほぼ完全な除去が達成された後に、エッチングプロセスを少なくとも十分に中断する、請求項1に記載の製法。

【請求項22】 エッチング媒体（24）中の相対湿度を段階的又は継続的に低めることにより、かつ／又は基板（25）の温度を段階的又は継続的に高めることにより、エッチングプロセスを中断する、請求項21に記載の製法。

【請求項23】 犠牲層（2）の少なくともほぼ完全な除去の達成時点を測定装置を介して把握する、請求項21に記載の製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は請求項1に記載の、気体状のフッ化水素酸含有エッチング媒体を用いて犠牲層をエッチングすることによる表面マイクロマシニング型構造体の製法に関する。

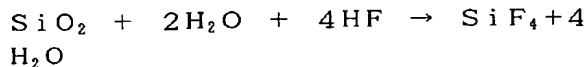
【0002】

【従来の技術】 シリコン表面マイクロマシニングで基板表面、通常シリコンウェハ上に、 $\text{SiO}_2$ からなる犠牲



層及びその上に位置する活性シリコン、多くはポリシリコン又は単結晶シリコンの層からなる層構造体("Silicon on Insulator" (SOI))を生じさせることは公知である。この層構造体を用いて更に、表面パターン化及び犠牲層の選択的エッチングにより、片持ち支承された構造体を生じさせる。

【0003】表面マイクロマシニング型構造体下の二酸化シリコン犠牲層を除去するために、センサ製造では例えば、DE 1 970 445 4. 9中で提案された、気体状の共沸フッ化水素酸中でのスチームエッチング法(Dampfaetzverfahren)が使用される。このために、水性の共沸フッ化水素酸溶液を例えば熱水ジャケットにより加熱し、かつ例えば50℃の温度にする。更に、フッ化水素酸溶液及びその上で生じる、それと平衡して存在する気相を含有する容器が、処理したいウェハを同時に担うエッチング装置で密閉されているので、湿潤なフッ化水素酸蒸気的作用に、ウェハはさらされる。ウェハ温度は更に、好適な蓋加熱を介して正確に制御され、例えば70℃で一定とされる。使用HF蒸気により、犠牲層として施与されたSiO<sub>2</sub>は揮発性フッ化シリコンに変えられ、かつそれにより片持ち支承される構造体の下で溶かされる：



前記の反応を進行させるためには明らかに、水の存在が必要である。反応式から更に、使用する水よりも多い水が反応の際に生じることが分かる。

【0004】更に、活性なセンサ構造体の下の、除去したい二酸化シリコンのエッチングレート調節するために、殊に、フッ化水素酸溶液とウェハ表面との温度差が決定的であることが既に公知である。低すぎる、又は高すぎる温度差は、例えば30%/K温度差変化のエッチングレートの明らかな低減をもたらす。

【0005】DE 1 985 007 8. 5中には加えてDE 1 970 445 4. 9の進展で、フッ化水素酸溶液とウェハ温度との温度差を安定化し、かつ他方で、蓋加熱に多くの加熱帯域を備えさせ、更に、蓋に温度プロファイルを与えることが提案されている。従って、十分に自由に選択可能な温度プロファイルを、蓋及びその上で処理されるべきウェハを介して調節することが可能であり、従って、ウェハの細部を殊に局所的に異なるエッチングレートに関して補償することができる。出願DE 1 985 007 8. 5から、凝縮によりプロセス再現性が、特に凝縮物中のフルオロケイ酸の富化の故に被害を受けるので、エッチング装置中の凝縮液滴を好適な付加加熱により回避することが既に公知である。

【0006】最後に、DE 1 991 098 3. 4では、ウェハの上に付加的に設置されたLC共振器の共振周波数の変化を介して、エッチングの進展を、即ちLC共振器の下、かつ更に片持ち支承される活性構造体の下の

二酸化シリコン犠牲層中のアンダエッチング(Unteraetzung)の進行を監視し、かつ測定することが提案された。これにより簡単な方法で、エッチングプロセスの進行及び所望のエッチング進行の達成を、即ちエッチングプロセスの「終点」を決定することが可能である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】請求項1の特徴を有する本発明の方法は従来技術に対して、ラテラル(lateral)アンダエッチングの際に犠牲層中に残った犠牲層残分を少なくともかなり十分に、又は完全に除去することができるという利点を有する。このことは公知の方法では不可能である。

【0008】

【課題を解決するための手段】二酸化シリコンからなるこのような犠牲層残分は所々、ほとんどエッチングギャップの高さに、即ち犠牲層の厚さに達しうるので、少なくともこれは、片持ち支承される活性構造体の機械的特性に悪い影響を及ぼして、その運動(例えば、下から基板上への、又は面への)を妨げるか、又は抑制するか、もしくは邪魔をする。従って、本発明の方法は、製造される活性構造の生産の際の品質、寿命及び廃棄率をかなり改善する可能性を示している。

【0009】更に、このような不所望な、従来は十分には回避不可能であった犠牲層残分は、片持ち支承された構造体の揺動特性にマイナスの影響を有する。この場合、これはこの観点でも、こうして生産されたセンサもしくは活性構造体の品質リスクである。

【0010】本発明の方法は同時に、少なからぬ規模で存在するエッチングプロセス又は製造法に影響を及ぼすことなく、非常に簡単に、かつ経費的に有利に実現することができる。

【0011】本発明の更なる有利な進展及び実施態様は、従属請求項に記載の処理から判明する。

【0012】例えば、エッチングプロセスの終了に対して、制御された可能な限り突然生じるエッチング停止を設けていることにより、有利に、エッチングプロセスのハンドリングトレランスが得られる、即ち、オペレータ又は自動ハンドリングメカニズムはできあがった処理ウェハを、オーバエッチングを回避するために秒単位で正確にエッチング装置から取り出す必要がない。むしろ、不所望なオーバエッチングにさらすことなく、エッチングされたウェハを有利に、エッチングストップの後に必要に応じて、少なくとも短時間、エッチング装置に放置しておくことができる。

【0013】その他に、制御された可能な限り急激に生じるエッチングストップは、半導体技術で危惧される「シミ作用(Staining-Effekten)」の抑制に関しても有利である。

【0014】本発明を図面及び以下の記載により詳述する。図1はエッチング装置の断面図を、図2は変性実施





態様を伴う、図1からの一部を、かつ図3から5は時間経過に伴う、エッチングプロセスによる犠牲層の除去を示している。

#### 【0015】

【実施例】図1は、共沸のフッ化水素酸-水混合物23を含有し、かつ基板25としてのシリコンウェハがその中に設置されている例えばテフロン（登録商標）からなる容器11を備えたエッチング装置10を示している。容器11は完全に加熱ジャケット15により囲まれていて、このジャケットに例えば、示されていない恒温器により選択可能な温度の水が循環してポンプ導入される。これにより、容器11及び共沸フッ化水素酸-水混合物23の温度は所望の、一定に調節可能な値に調節される。勿論、この場所に、他の種類の加熱、例えば電気加熱テープ、熱風送風機、熱水ジャケット等も、加熱ジャケット15の代わりに考えられる。容器11の壁及びフッ化水素酸-水混合物23は均一に、可能な限り同じ温度にされて、壁の所での液体の凝縮が回避されて、かつ特に均一な気相が気体状のフッ化水素酸含有エッチング媒体24として生じることだけは、常に重要である。

【0016】容器11は更に、入口12及び出口13を有し、それによって、Fで示されている矢印の方向に、選択可能な温度の例えば水を供給することができる。容器11及び加熱ジャケット15は、断熱ジャケット14中に設置されていて、容器11内の温度は一定に保持することができる。容器11は更に蓋20で閉じられ、フッ化水素酸蒸気に対して耐性のある例えばテフロン又はビトン(Viton)又は他のパッキング材料から製造されているパッキング22を有する。この蓋20には加熱素子21の形の加熱装置が設置されていて、蓋20の内側に設置されているシリコン基板25を加熱し、かつ例えば330〜373K、有利には343Kの所望の温度にすることができる。加熱装置はもしくは、熱水循環であってもよいか、又は示されていない電気加熱シートと、加熱素子及び電気温度調節器と組み合わせて使用する。

【0017】図2にはエッチングプロセスを実施するためのエッチング装置10の蓋20の他の有利な実施態様を示している。この場合、基板25は、図1のように蓋の内部に逆さに接着されているのではなく、下部の加熱された基板プレート27上に置かれていて、この基板プレートが蓋の内側と結合されている。基板プレート27は更に、加熱素子21を有する。蓋20の加熱は通常、HF蒸気の凝縮を回避するのに役立つ。

【0018】基板プレート27と蓋の内部側とは更に、少なくとも2つの中空テフロンブリッジ26を介して相互に結合されていて、この中空テフロンブリッジ内に電流電線並びに加熱素子21の電氣的接続が通っている。基板プレート27の温度の一定の調節は通常、自体公知の方法で、例えば330〜373K、有利には343Kの温度に、示されていない温度調節を用いて、図1に記

載の蓋20全体の温度調節と同様に行う。

【0019】フッ化水素酸-水混合物23として有利には、共沸混合物、即ち約38%のHF濃度を有する混合物を選択する。共沸混合物の場合、水及びHFをフッ化水素酸-水混合物23から一定の残留比で蒸発させて、その濃度を長時間にわたり一定に保持する。その結果、混合物量が減少していても、フッ化水素酸水混合物23中のフッ化水素酸濃度は一定のままであり、かつ処理すべき多くの基板25に対して常に一定の蒸気条件が存在する。

【0020】エッチング装置10及びそれを用いて実施されるエッチングプロセスの更なる自体公知の詳細に関してはDE19704454.9を参照のこと。

【0021】図3から5は、基板25上で片持ち支承される活性表面マイクロマシニング構造体9でのスチームエッチングプロセスの進展を簡略に示している。このための更に詳しい説明はDE19537814.8にある。

【0022】基板25は先ず、厚さ1 $\mu$ m〜4 $\mu$ mを有するSiO<sub>2</sub>層又は主としてSiO<sub>2</sub>からなる層をいわゆる犠牲層2として担持する。SiO<sub>2</sub>層としては例えば、熱酸化物、TEOS（テトラエチルオルトケイ酸塩）又はLTOK（「低温酸化物」）を使用することができる。犠牲層2の上に次いで、厚いポリシリコン層、いわゆるエピポリシリコンが、犠牲層2の上で停止するトレンチ孔4がそこにエッチングされる第2層3として存在する。犠牲層2中には更に、トレンチ孔4の範囲で、凹部5の形成をもたらす開始等方性犠牲層エッチングが示されていて、かつ先ず、この凹部5から出発して、安定に進展する。

【0023】図4は、エッチングプロセスの更なる進展の際に、等方性エッチングフロント6が犠牲層3中でどのように形成され、かつ移動していくかを示していて、その際、エッチングが進展するにつれて、エッチングフロント6の間に残る残留範囲7が次第に薄くなっている。アンダエッチングの横方向への広がりが成長すると同時に、気体状エッチング媒体24からエッチング反応の場所への、又はエッチング反応の場所からのエッチング物質の輸送のための道程が長くなる。

【0024】図5は次いで、エッチングフロント6がぶつかり、それに伴い、例えば活性センサ構造として使用可能な自由に動く構造体9が片持ち支承された時点を示している。図5には更に、往々にして生じる犠牲層残留8が示されていて、これは公知のエッチング方法では、防止又は除去することが全くできないか、又は非常に困難である。

【0025】本発明の主な目的は従って、公知のエッチング方法の変性による、この犠牲層残留8の少なくとも十分な、又は完全な除去もしくは形成の回避である。

【0026】本発明の方法の第1の実施例は従って、少



なくとも大部分、二酸化シリコンからなるこのような犠牲層残留8を回避するために、エッチング反応の進展に伴い連続的又は段階的に、エッチング媒体24中の相対湿度をエッチング進度に合わせることを規定している。エッチング媒体の相対湿度を、エッチングプロセスの経過で既に達成されたアンダエッチングの程度に合わせると共に、その場合、同時に、気体状のエッチング媒体24のHF含有率も変化させる。

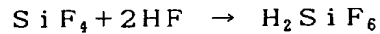
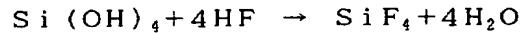
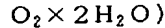
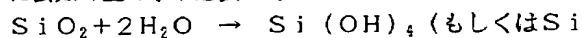
【0027】相対湿度とはこの場合、本発明の意味では常に、ウェハ表面のそれぞれの温度に関するエッチング媒体24中の湿度、即ち、処理基板25のそれぞれの温度に相対的な気体状のエッチング媒体24の湿度のことであり、その際、基板25の表面状態も僅かな影響を有しうる。この意味では例えば、基板25の所定の温度でエッチング媒体24中の湿度が更に高まり、基板25上での気体状のエッチング媒体24が凝縮する場合に、100%の基板25表面に関する相対湿度が達成されている。

【0028】従って「相対湿度」との概念は十分に、ガス容量V中にウェハ温度Tでエッチング媒体24中に含有される水量と、このガス容量V中にウェハ温度Tで、基板表面上での凝縮を伴わずに含有されうる最大水量との比として、公知の概念である「相対空気湿度」と同一と理解することができる。

【0029】詳細には、記載の例ではエッチングが進展するにつれて、相対湿度のこの概念に従い、エッチング媒体24の水含量を連続的又は段階的に高める。これは、フッ化水素酸-水混合物23の温度を一定の蓋温度で、又は蓋20もしくは基板25の温度をフッ化水素酸-水混合物23の一定の温度で変化させることにより達成することができる。有利にはこの変化は、フッ化水素酸-水混合物23の温度を一定の蓋温度又はウェハ温度で、連続的又は段階的に高めるか、又は蓋温度もしくはウェハ温度をフッ化水素酸-水混合物23の一定温度で連続的に又は段階的に低下させるように行う。

【0030】フッ化水素酸-水混合物23の大きな熱慣性及び蓋加熱-蓋-ウェハ系の非常に低い熱慣性の故に、蓋温度もしくはウェハ温度を変化させる、殊には低減させるのが有利である。それというのも、これは、ほぼ即時に行うことができ、かつ制御技術的にも問題がないためである。

【0031】アンダエッチングされるべき構造体9下での犠牲層残留8の形成を回避して、それにより例えば自由な動きを常時保証するようにすることを目的とする、エッチング媒体24中の相対湿度と進行するエッチング反応又はラテラルアンダエッチングとの適合の結果は、その場合、次の作用メカニズムに基づく：犠牲層エッチングの間、 $\text{SiO}_2$ のエッチング反応を進行させるために公知の量の水が必要である：



その場合、生じる四フッ化シリコン( $\text{SiF}_4$ )は気体状であるか、又は水溶液中で結合している。生じるフルオロケイ酸( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ )も通常、水溶液で存在する。ラテラルアンダエッチングのためのエッチング反応の開始後にまず、エッチング反応を開始させるために必要であるよりも、かつ更なるエッチング反応の保持のために必要であるよりも多くの水が遊離される。

【0032】この理由から、基板25上のエッチング反応は、気体状のエッチング媒体24よりも高い温度で生じさせるべきである。それというのも、そうでなければ、 $\text{SiO}_2$ 表面上で、即ち犠牲層2の範囲で、反応水の集積が生じ、液滴形成により最終的には、所々でエッチング除去された構造体9と基板25との不可逆的な接着及びそれに伴い、その使用不可性が生じうるためである。エッチング媒体24は通常、フッ化水素酸-水混合物23と熱平衡である。さらに、この集積にウェハ温度により抵抗しないと、過剰の反応水は付加的に反結合により、更にエッチングレートを高めるように作用する。

【0033】従って、エッチング媒体24よりも基板25もしくは蓋20の温度を高めることにより、生じる反応水は少なくとも部分的に蒸発するか、もしくはエッチング媒体24からの付加的な水の凝縮に抵抗して、不動の水膜との平衡状態が犠牲層2中の $\text{SiO}_2$ -表面上で生じる。それにより、エッチングプロセスは、この動的平衡の条件がその間に生じる開始相の後に、ほぼ不動である。

【0034】初めはまだ問題ではないエッチングプロセスのこの段階は、図3の図に相応する。

【0035】図4に示すようにラテラルアンダエッチングが進行すると共に、反応性エッチング物質、殊にエッチング媒体24から供給された水蒸気の量の不足がエッチングフロント6の所で生じる。その際、まず自体公知の方法で、全ての関連ファクター、即ち反応水の形成速度、気体状のエッチング媒体24からの水分子の侵入及び動的平衡での表面の水の蒸発の考慮下に、エッチングフロント6の所で不動になるようにスチームエッチングプロセスを調節することを考慮すべきである。成長するアンダエッチング幅を介しての輸送の故にエッチング媒体24からのエッチングフロント6に至る水量が徐々に低減することにより、この動的平衡の割合はますます変化するが、これはエッチング媒体24からの水蒸気の侵入に基づく。

【0036】水蒸気を既に、本来のエッチングフロント6への徐々に長くなる道程で、囲まれた表面の所で凝縮させ、それに続いて再び、蒸発させることによって、エッチングフロント6の所での水量の低下は実現する。従って確かに、常に反応水はエッチングフロント6の所



でエッチング反応により生じるが、エッチングフロント6の所でのエッチング反応での水侵入の合計は総じて、動的平衡のシフトにより低減する。

【0037】従って、エッチングプロセスは徐々に「水不足」となり、かつエッチングレートはアンダエッチング幅の成長と共に低下する。更に、犠牲層2での低減するエッチングレート、即ち $\text{SiO}_2$ の低下する溶解速度と共に、時間単位当たり生じる反応水の量も低下するので、加えてエッチング速度の低減の自己強化が生じて、前記の平衡は新たに、かなり低いエッチングレートを伴うかなり低い水準に調節する。

【0038】アンダエッチング速度のこの低下は実際に、高いアスペクト比を介してのみ得られる構造、例えばコーム構造又は穿孔材料のアンダエッチングの場合、自由に入手可能な構造と比較して、典型的には1:3〜1:4のエッチング速度の違いをもたらす。この違いは確かに非常に不所望ではあるが、多くの場合なお、認容可能である。

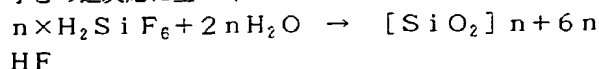
【0039】図5に示されているようなエッチングプロセスの終了近くで、エッチングフロント6の貫通の後に、なお酸化シリコンからなる犠牲層残留8が残留している、かつエッチングすべき犠牲層面がかなり低減している場合、事態は臨界的になる。この段階では、犠牲層残留8のためのエッチング反応は水不足の故に少なくともほとんど停止する。

【0040】同時に、図5に記載のエッチングプロセス段階で、長時間にわたり付加的にアンダエッチングすることによって克服することもできない、更なる非常に不所望な効果が生じる：エッチングプロセスの終了段階でエッチングフロント6の所で生じる水量が低下すると不可避免的に、溶解反応から生じる、反応水に溶解した最終産物 $\text{H}_2\text{SiF}_6$ （フルオロケイ酸）の濃度も上昇する。

【0041】この「水不足」は最終的に、このフッ化水素酸溶液の乾燥及びいわゆる「シミ(Stain)」の形成、即ち、外部の攻撃的化学物質を用いてもはやエッチングすることができない不溶性酸化シリコンの形成をもたらす、この不溶性酸化シリコンは、なお存在する自体エッチング可能な酸化シリコン表面のところで結合し、これをパッシベーション化する。

【0042】このことと関連して半導体技術で通常、湿式エッチング法で使用するプロセス技術的手段、例えばこの心配される「シミ」作用を抑制するための好適なエッチング添加剤は、気体状のエッチング媒体24を用いる前記のエッチングプロセスでは使用することができない。

【0043】「シミ」の形成はこの場合、主に次の、溶解したフルオロケイ酸を濃縮する際に生じる、残留水分子との逆反応に基づく：



従って、前記の実施例では、少なくともエッチングフロント6の貫通の後に、アンダエッチング幅の拡大に伴うエッチングプロセスの湿気もしくは水の不足を、なお基板25上にエッチング可能な犠牲層残留8の言うに足るほどの範囲が存在する限りにおいて、回避することが規定されている。

【0044】エッチング媒体24中、即ちスチームエッチング雰囲気中の相対湿度を高めるために、択一的に使用できるか、又は問題なく相互に組み合わせることもできる数多くの可能性もしくはパラメーターが用意されている。

【0045】例えば、エッチングプロセスが進展する間に蓋温度及びそれに伴いウェハ温度を低下させることにより、基板25に対するエッチング媒体24の相対水分の上昇によるエッチングフロント6への水供給の低下に、抵抗することができる。これに対して例えば、エッチングフロント6が貫通した後に例えば20K程、蓋温度及びウェハ温度を最終的に低下させることにより、片持ち支承されている構造体9の下に位置するエッチング可能な最後の犠牲層残留8の除去を保証することが規定される。

【0046】本発明の第2の実施態様は第1の実施例を継続して、付加的にエッチングプロセスに続ける、即ち犠牲層残留8の除去の後に、エッチングプロセスを制御して停止させて、殊に容易に侵入可能な、従っていずれにせよ迅速にエッチングされる領域の不所望なアンダエッチングを回避する。

【0047】気体状エッチング媒体24中の湿度を、最後の犠牲層残留8の除去の後に急激に低下させることにより、この有利に可能な限り迅速に、又は急速に行われるエッチングストップを達成する。このために有利には、低い熱慣性の故にウェハ温度を蓋20の温度を介して、即ち加熱素子21の好適な自体公知の制御より、例えば10〜20K高めて、エッチング反応を実際に急激に停止させる。

【0048】エッチングの進展、即ち時間の関数として既に達成されたラテラルアンダエッチングを制御して、かつ測定することができるように、かつ更に、エッチングプロセスの終了間際、即ち残留範囲7の貫通の直前にエッチング媒体の相対湿度を調整、殊には高めるために、かつ/又はエッチング除去されるべき構造体9の下に犠牲層残留8の一定の調節されたラテラルアンダエッチングの達成、即ち完全な除去の時点を確認するため、この実施例では更に、DE19910983.4中で提案されている方法及びそこに記載の装置を使用することを規定している。

【0049】要約するとこのためには、DE19910983.4によるラテラルアンダエッチング法の継続的な測定技術的把握のために、活性構造体9と一緒にアンダエッチングされる基板25上にLC共振器が所定の位



置に施与されていて、その際、その共振周波数は、アンダエッチングの関数として変化する。ラテラルアンダエッチングに比例するこのLC共振器の共振周波数もしくは共振周波数変化を測定することにより、選択的に連続的又は断続的に、ウェハ表面上でのエッチング反応の進展及びエッチング停止を行うための残留範囲7の貫通の時点に関する認知が得られる。

【0050】LC共振器を介していつでも測定可能な、既に達成されたアンダエッチングにより簡単に、基板25上でのエッチングプロセスの要求に正確に応答し、かつ各時点で必要な量の、エッチング媒体24中の相対湿度を提供することが可能である。このために例えば、測定されたエッチング進度から、自体公知の調節装置に与える標準サイズを得る。この調節装置はエッチング媒体24中の相対湿度を自動的に、ラテラルアンダエッチングのそれぞれの時点で最適な、予備実験で予め経験的に決定された値に調節し、かつ所定のアンダエッチング幅が達成されたら自動的に前記の方法でエッチングプロセスを中断する。

【0051】進行するアンダエッチングの経過中にエッチング媒体24中の相対湿度を調整するための、即ち殊に、蓋温度を変化させる、又はフッ化水素酸-水混合物23の温度を変化させるための前記の可能性の他に、次に詳述する、調整のための一連の更なるパラメーターが存在する。その場合、エッチング媒体24中の相対湿度を調節するための前記の可能性を相互に組み合わせることもでき、具体的なエッチングプロセスでは、それぞれ個々のケースで用いることができ、かつ択一的に、又は一緒に変動させることができる数多くのパラメーターが用意されていることを特記すべきである。

【0052】例えば、フッ化水素酸-水混合物23の温度又は蓋20の温度の単独変化の代わりに、アンダエッチングの関数として変化する所望の、蓋温度又はウェハ温度とフッ化水素酸-水混合物23の温度との間の温度差が生じるように、両方の温度をエッチングプロセスの間に一緒に、変化させることが明らかに可能である。有利にはこのために、この温度差を連続的に、又は段階的にエッチング進行に伴い低下させる。

【0053】さらなる実施例は、エッチング媒体24に酸素、窒素、アルゴン又はそれらのスチームエッチングプロセスに関して不活性な他のガスを、変動するガス流でのエッチングプロセスの進展に伴い添加することを規定している。このために、この不活性ガスを連続的又は段階的に変化するガス流と共に、エッチング装置10中に好適なガス供給管を介して供給し、かつエッチング媒体24との十分な混合の後に、ガス排出管を介して再びエッチング装置から排出させる。こうして総じて、エッチング媒体24の希釈が生じ、蒸気圧の低下及びそれに伴うエッチング媒体24の相対湿度の低下がもたらされる。

【0054】詳細には、エッチングプロセスの間に先ず、不活性ガス、例えば酸素を所定の出発ガス流と一緒に供給し、出発ガス流はラテラルアンダエッチングの進展に伴い連続的又は段階的に規定のように低下させる。この処理により徐々に、気体状のエッチング媒体24の飽和度及びそれに伴うその相対湿度が上昇する。

【0055】ついでに、不活性ガスの代わりに乾燥HFガスを制御されたガス流と一緒にガス供給管を介してエッチング装置10に付加的に供給して、更にエッチング媒体24のHF含有率を変化させる、殊には高めることができる。これに加えて例えば、ラテラルアンダエッチングの進行の間、付加的に供給される乾燥HFガスの量を連続的又は段階的に高めて、エッチング媒体24を徐々に攻撃的にし、かつそれに伴い反応水の形成を酸化溶解反応の増加により高める。

【0056】もう1つの実施例は、ガス流に関して制御される調整可能な漏出、例えば容器11の壁面の相応するバルブを介しての漏出を設けることを規定している。この漏出は、エッチング装置10の内部中のエッチング媒体24と外側大気との接続を保証して、調整可能な漏出率を伴う漏出を介してエッチング媒体24を外側雰囲気中に、例えば毒性ガス用の通風室に逃出させることができる。これにより、気体状のエッチング媒体24がフッ化水素酸-水混合物23により飽和されていないので、その際、エッチングプロセスの進展の間、漏出率の変化により気体状のエッチング媒体24の飽和度を変化させる、殊には連続的又は段階的に高めることができる。

【0057】エッチング媒体24中の相対湿度を調整するための前記のパラメーターの他に、又はそれと択一的に、ガス供給管を介して付加的に水蒸気をエッチング装置10中に供給して、それによりエッチング媒体24の水含分に影響を与えることもできる。有利にはこのために、エッチングプロセスの進展の間に、エッチング媒体24に供給される水蒸気量を連続的又は段階的に高める。

【0058】ガス供給管を介して水蒸気を供給する代わりに更に、フッ化水素酸-水混合物23の範囲に設置され、かつ規定の方法で付加的に液体をフッ化水素酸-水混合物23から蒸発させるように、外部から制御することができる蒸発器を設けることもできる。このために蒸発器は例えば、フッ化水素酸-水混合物23を結合している電気抵抗ヒーターを備えた小さいテフロン容器として設置される。エッチングプロセスの進展の間に、蒸発器を例えば所望の時点で活動させ、かつ時間単位当たりの蒸発液体量を、電力を高めることにより段階的又は連続的に増加させて、気体状のエッチング媒体24の飽和度もしくは相対湿度を高める。

【0059】蒸発器の代わりにその他に、例えば噴霧ノズルの形の噴霧装置を設置することもでき、それを用いて、進行するエッチングプロセスに伴い付加的に水を、





非常に細かい噴霧滴としてエッチング媒体24中に噴霧して、エッチング媒体24中の相対湿度を高める。使用される水は他に有利には、その温度が少なくともフッ化水素酸-水混合物23の温度と同じか、又はそれより高いように予備加熱する。これにより、噴霧される水が完全に気相に移行するか、もしくは水蒸気としてエッチング媒体24中の相対湿度を調節することを保証する。

【0060】最後に、エッチング装置10の内部に、超音波発生器を設けることもでき、これは超音波放射によりフッ化水素酸-水混合物23中、その表面の所で微細な液滴噴霧を気相に移行させて更に、制御しつつ付加的な湿気をアングエッチングの関数として気体状のエッチング媒体24中に添加する。

【0061】本発明の更なる実施例は最後に、エッチング装置10の内部に、その温度をエッチング装置10の外部からの制御を介して調節することができる自体公知の凝縮器が設置されていることを規定している。詳細にはそのために、その表面の所で気体状のエッチング媒体24からの凝縮を行い、かつ生じた凝縮液滴をプロセスに害のないように集め、かつフッ化水素酸-水混合物23中に戻し導入するように凝縮器の温度を先ず調整する。

【0062】凝縮器の温度がフッ化水素酸-水混合物23の温度と同じか、又はそれを上回る場合には、述べる程の凝縮は生じず、エッチング媒体24から湿気は取り出されない。エッチング媒体24は従って、フッ化水素酸-水混合物23の表面に対しては飽和したままである。これに対して、凝縮器の温度がフッ化水素酸-水混合物23の温度未満に低下すると、凝縮器はエッチング媒体24から湿気を除く。

【0063】エッチング媒体24中の相対湿度を変化させるために従って、エッチングプロセスの間、凝縮器の

温度を、フッ化水素酸-水混合物23未満の温度から次に、段階的又は連続的に、エッチング媒体24から除かれる湿気が徐々に少なくなる温度に近づける。総じて、エッチングプロセス、即ちラテラルアングエッチングの進展の間に時間単位当たりには生じる凝縮物の量は低下し、かつ気体状エッチング媒体24の飽和度は従って高まる。

【0064】前記のように、エッチング媒体24の相対湿度に影響を与えるために行われる選択肢を組み合わせて、又は択一的に使用することは容易に可能である。

【0065】所望のラテラルアングエッチングが達成された後にエッチングプロセスを短時間以内に、又は急激に停止させるために、これらの方法もしくはこれらの方法の組み合わせのいずれも、逆に使用することができることが特に重要である。このために、エッチング媒体24中の相対湿度をそれぞれ著しく低下させて、それにより、前記のようにエッチングプロセスが停止することだけが必要である。

【図面の簡単な説明】

【図1】エッチング装置の断面図を示す図。

【図2】蓋の変性実施態様を伴う図1からの一部を示す図。

【図3】エッチングプロセスによる犠牲層の除去の初期段階を示す図。

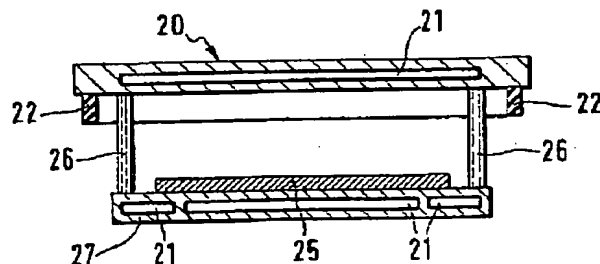
【図4】図3に示した図に続く犠牲層の除去段階を示す図。

【図5】図4に示した図に続く犠牲層の除去段階を示す図。

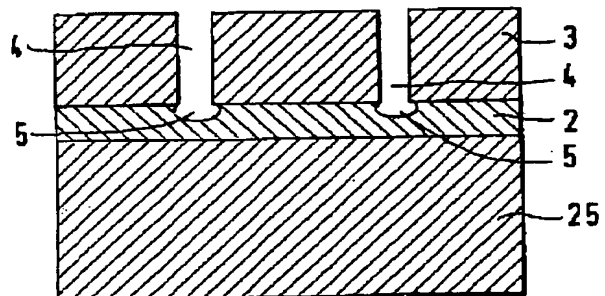
【符号の説明】

2 犠牲層、 3 第2層、 9 構造体、 10 エッチング装置、 23 フッ化水素酸-水混合物、 24 エッチング媒体、 25 基板

【図2】

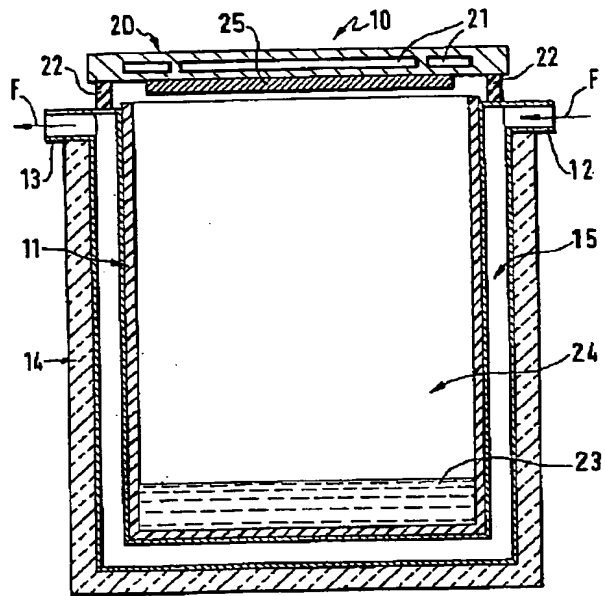


【図3】

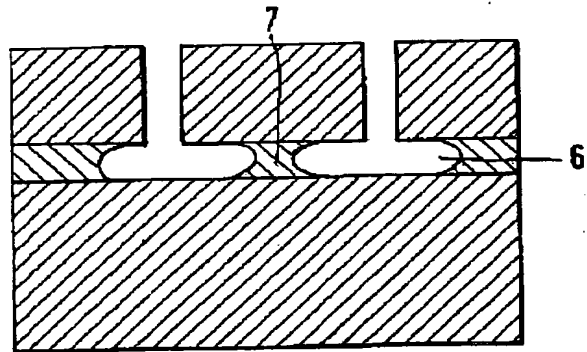




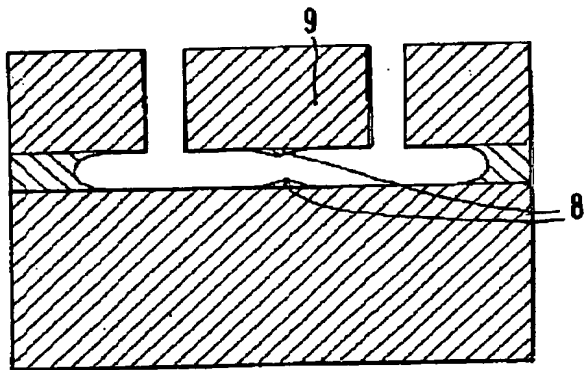
【図1】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 アンドレア シルプ  
ドイツ連邦共和国 シュヴェービッシュ  
グミュント ゼーレンバッハヴェーク 15

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**